

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 44 32 029 A 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
G 09 F 19/18  
G 09 F 19/20

21 Aktenzeichen: P 44 32 029.9  
22 Anmeldetag: 8. 9. 84  
43 Offenlegungstag: 28. 3. 86

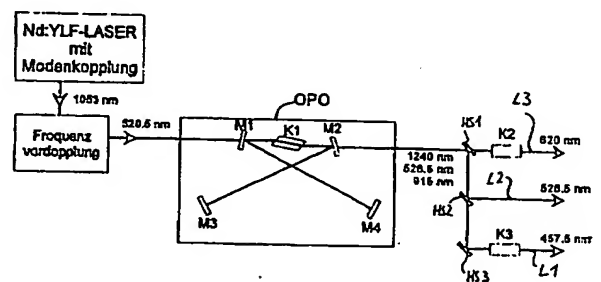
71 Anmelder:  
Wallenstein, Richard, Pof. Dr., 67269 Grünstadt, DE  
74 Vertreter:  
Dr. Werner Geyer, Klaus Fehners & Partner, 80687  
München

72 Erfinder:  
gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Lasergestützte Farbbildanzeig- und Projektionsvorrichtung

57 Eine lasergestützte Farbbildanzeig- und Projektionsvorrichtung weist als Laserstrahlquelle zur Erzeugung von zumindest drei Laserstrahlen unterschiedlicher Wellenlänge einen optisch-parametrischen Oszillator (OPO) auf, dessen Signal- und Idlerstrahlen mittels optisch nichtlinearer Kristalle (K2, K3) frequenzverdoppelt werden. Alternativ können auch zwei optisch-parametrische Oszillatoren verwendet werden, wobei die dritte harmonisch eines Festkörperlaser zum Anregen der OPOs dient.



DE 44 32 029 A 1

DE 44 32 029 A 1

Großflächige Anzeige- und Projektionssysteme hoher Bildqualität finden zunehmend Anwendung im sogenannten Multimediabereich bei Großveranstaltungen (Kultur-, Sport- und Lehrbereich) und als Werbeträger. Darüber hinaus ist ein zunehmender Bedarf an hochauflösenden Bildgebersystemen in der Kommunikations- und Nachrichtentechnik (HDTV, Bild-Telefon) sowie in der Computertechnik (CAD) abzusehen.

Mit herkömmlichen Bildwiedergabetechniken sind großflächige Anzeige- und Projektionssysteme hoher Brillanz nicht verwirklichtbar.

Fig. 1 zeigt schematisch das Prinzip eines lasergestützten, flächenskalierbaren Systems, wie es kürzlich vorgestellt wurde (Firma Schneider Elektronik GmbH). Dieses System, von dem die vorliegende Erfindung ausgeht, ist gemäß Fig. 1 wie folgt aufgebaut:

Das Licht von drei Lasern, die rote, grüne bzw. blaue Strahlung erzeugen, wird durch Modulatoren in geeigneter Weise in der Amplitude variiert und anschließend mit einem Spiegelsystem kollinear überlagert. Die kollinearen Laserstrahlen werden, analog zur herkömmlichen Fernsehtechnik, mit einem Ablenssystem zeilenförmig über den Bildschirm S geführt. Ein Bild wird z. B. aus 1250 Zeilen aufgebaut. Jede Zeile besteht aus 1500 Bildpunkten. Die Zahl der projizierten Bilder beträgt z. B. 50 oder 100 pro Sekunde. Durch additive Farbmischung liefert dieses System eine optische Wiedergabetechnik mit höchster Bildqualität. Die entscheidende Baugruppe dieses Systems ist die Laserstrahlquelle. Benötigt werden kohärente Strahlungsquellen mit Wellenlängen von etwa 450 nm, 530 nm und 630 nm. Die Lasersysteme müssen im transversalen Grundmode-Betrieb arbeiten und, beispielsweise bei einer Projektionsfläche mit einer Diagonalen von ca. 2 m, Ausgangsleistungen von 1 bis 1,5 W erzeugen. Neben ausreichend hohen mittleren Leistungen ist eine gute Amplitudenstabilität (besser als 1%) erforderlich, um ein flimmerfreies Bild zu erhalten.

Das genannte System gemäß Fig. 1, als ein Prototyp für die Bildprojektion, verwendet Argonionenlaser zur Erzeugung von blauer (454 nm und 457 nm) und grüner (514 nm) Strahlung und zusätzlich einen Kryptonionenlaser zur Erzeugung von rotem (647 nm und 676 nm) Laserlicht. Der Wirkungsgrad der genannten Gaslaser ist wesentlich kleiner als 1 Promille. Ihr Betrieb fordert daher hohe elektrische Leistungen von typisch 10–20 KW und eine entsprechend intensive (Wasser-)Kühlung. Außerdem ist bei hohen Anschaffungskosten die Betriebszeit von typisch 2000 bis 3000 Stunden relativ klein.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine lasergestützte Farbbildanzeige und Projektionsvorrichtung der eingangs genannten Art bereitzustellen, die einen hohen energetischen Wirkungsgrad, eine lange Betriebszeit bei kostengünstigem Betrieb, eine einfache Variation der Wellenlänge und eine hohe Funktionszuverlässigkeit ermöglicht.

Die erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe sieht bei einer lasergestützten Farbbildanzeige- und Projektionsvorrichtung der eingangs genannten Art vor, daß die Laserstrahlquelle einen optisch-parametrischen Oszillator (OPO) aufweist, dessen Signal- und Idlerstrahlen mittels optisch nichtlinearer Kristalle frequenzverdop-

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist der optisch-parametrische Oszillator (OPO)

mittels frequenzverdoppelter Strahlung eines Festkörperlaser-Lasers (z. B. aus Nd:YAG, Nd:YLF oder Yb:YAG) angeregt.

Die erfindungsgemäße Anordnung ermöglicht insbesondere in vorteilhafter Weise, daß die drei Laserstrahlen nur hinsichtlich ihrer Amplituden moduliert zu werden brauchen, da bei dem erfindungsgemäßen System gepulste Laserstrahlung verwendet werden kann, so daß der Bildpunkt auf dem Bildschirm bei gegebener Ablenkgeschwindigkeit durch die Impulsdauer scharf begrenzt ist. Die Pulsdauer (der gepulsten Laserstrahlung) ist kurz im Vergleich zur Frequenz (genauer Pulslänge), mit der die Bildpunkte geschrieben werden (ca. 30 MHz).

Die Erfindung löst auch ein weiteres wichtiges Problem, das bei herkömmlicher Bildprojektion mit cw-Lasern auftritt, nämlich das sogenannte "Speckle-Problem". Aufgrund der Kohärenz der Laserstrahlung entstehen durch Interferenz störende Speckle-Muster. Bei der erfindungsgemäßen Verwendung ultra-kurzer Lichtimpulse hingegen treten solche Speckle nicht auf.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Figuren beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 schematisch das Prinzip einer lasergestützten Farbbildanzeige- und Projektionsvorrichtung, von der die Erfindung ausgeht;

Fig. 2 schematisch eine erfindungsgemäße Laserstrahlquelle für eine Farbbildanzeige- und Projektionsvorrichtung gemäß Fig. 1;

Fig. 3 die Abhängigkeit der Wellenlänge der Signal- und Idlerstrahlung eines LBO-OPO's, der mit Strahlung der Wellenlänge 526,5 nm angeregt wird, von der Temperatur des Kristalls; und

Fig. 4 die Leistung der Idlerstrahlung (1240 nm) in Abhängigkeit von der Leistung der Pumpstrahlung (526,5 nm).

Das lasergestützte Farbanzeige- und Projektionssystem gemäß Fig. 1, von dem die Erfindung ausgeht, wurde oben bereits erläutert. Bei der vorliegenden Erfindung geht es darum, die Laser 1, 2 und 3 gemäß Fig. 1 zu ersetzen durch eine andere Laserstrahlquelle, welche die obengenannte technische Aufgabe löst. Die erfindungsgemäße Laserstrahlquelle soll die rote, grüne und blaue Strahlung gemäß Fig. 1 erzeugen. Die Modulatoren und ihr Betrieb sowie die Steuerung des Ablenssystems zur Projektion der Strahlung auf den Bildschirm S ist als solches der bekannten Fernseh- und Projektionstechnik zu entnehmen und wird hier nicht näher erläutert.

Die im folgenden beschriebene Laserstrahlquelle zur Erzeugung von drei Laserstrahlen unterschiedlicher Wellenlänge im sichtbaren Bereich ist vollständig aus Festkörperbaugruppen aufgebaut. Das System liefert gleichzeitig rotes, grünes und blaues Laserlicht, das hinsichtlich Wellenlänge, Ausgangsleistung, Strahlqualität und Strahlstabilität alle Voraussetzungen für die Bildprojektion erfüllt.

Gemäß Fig. 2 erzeugt die erfindungsgemäße Laserstrahlquelle gleichzeitig einen gepulsten roten Laserlichtstrahl L3 (620 nm), einen gepulsten grünen Laserlichtstrahl (526,5 nm) und einen gepulsten blauen Laserlichtstrahl (457,5 nm). Diese Strahlen ersetzen die roten, grünen bzw. blauen Laserlichtstrahlen gemäß Fig. 1.

Ein modengekoppelter Nd:YLF-Laser erzeugt Lichtimpulse mit einer Wellenlänge von 1054 nm oder 1047 nm. Die Impulsdauer beträgt typischerweise 30–50 ps. Die Wiederholfrequenz liegt zwischen 70 und 100 MHz. Die mittlere Leistung gebräuchlicher Systeme

me beträgt 20–30 W. Durch Frequenzverdoppelung (z. B. in einem nichtkritisch-phasenangepaßten Kristall aus Lithiumtriborat) wird grünes Laserlicht mit der Wellenlänge 526,5 nm bzw. 523,5 nm erzeugt. Die Konversionswirkungsgrade bei solchen Systemen betragen zur Zeit bis zu 50%.

Mit diesem Laserlicht wird ein optisch-parametrischer Oszillator (OPO) aus Lithiumtriborat (LBO) synchron angeregt.

Dieser LBO-OPO arbeitet mit nicht-kritischer Phasenanpassung. Optisch-parametrische Oszillatoren sind als solche bekannt. Zum Stand der Technik der OPO's wird insbesondere auf die DE-A 42 19 169 und den dort zitierten weiteren Stand der Technik verwiesen.

Die Wellenlänge von Signal- und Idlerstrahlung wird durch die Temperatur des LBO-Kristalls bestimmt und ist in einem weiten Spektralbereich variierbar.

Gemäß Fig. 2 wird also die frequenzverdoppelte Strahlung des Nd:YLF-Lasers nach Frequenzverdoppelung mit einer Wellenlänge von z. B. 526,5 nm in den OPO eingegeben. Der OPO aus Lithiumtriborat (LBO) ist herkömmlich aufgebaut. Er weist die Spiegel M1, M2, M3 und M4 auf, die den Resonator des LBO-OPO bilden. K1 ist der LBO-Kristall des OPO.

Den OPO verlassen gemäß Fig. 2 (rechte Seite) kollinear drei überlagerte Laserstrahlen, nämlich ein Laserstrahl mit der Eingangswellenlänge 526,5 nm (grün), und darüber hinaus auch die Signalstrahlung (1240 nm) und die Idlerstrahlung (915 nm). Gemäß Fig. 2 wird der grüne Lichtpuls direkt über halbdurchlässige Spiegel HS1 und HS2 als Laserlichtpuls L2 abgegeben und in einen Modulator (in Fig. 2 nicht gezeigt) gemäß Fig. 1 eingegeben (als der grüne Strahl).

Der Signal-Lichtpuls des OPO gelangt durch den halbdurchlässigen Spiegel HS1 in einen optisch nichtlinearen Kristall K2. Die so erzeugte zweite Harmonische der Signalstrahlung ist rot (620 nm) und wird als Lichtstrahl L3 in den zugeordneten Modulator (Fig. 1) eingegeben.

Die Idlerstrahlung wird über den Umlenkspiegel HS3 in einen nichtlinearen Kristall K3 eingegeben und die so erzeugte zweite Harmonische der Idlerstrahlung ist blau (457,5 nm) und wird als Lichtpuls L1 in den zugeordneten Modulator gegeben.

Für das erzeugte rote, grüne und blaue Laserlicht betragen die benötigten Leistungsanteile 100% (620 nm), 106,9% (526,5 nm) und 79,2% (457,5 nm) bei einer relativen Weißleuchtdichte von 1,29.

Fig. 3 zeigt die Abhängigkeit der Wellenlänge der Signal- und Idlerstrahlung eines LBO-OPO's, der mit Strahlung der Wellenlänge 526,5 nm angeregt wird, von der Temperatur des LBO-Kristalls. Bei einer Temperatur von beispielsweise 153°C hat die Idlerwelle eine Wellenlänge von 1240 nm und die Signalwelle eine Wellenlänge von 915 nm. Bei einer Kristalltemperatur von 151°C haben die Idler- und Signalwellen Wellenlängen von 1260 nm bzw. 904 nm. In diesem Falle betragen die Leistungsanteile für das rote, grüne und blaue Laserlicht 100% (630 nm), 86% (526,5 nm) und 59% (452 nm) bei einer relativen Weißleuchtdichte von 0,99.

Fig. 4 zeigt die Leistung der Idlerstrahlung (1240 nm) in Abhängigkeit von der Leistung der Pumpstrahlung (526,5 nm). Hat zum Beispiel die Pumpstrahlung eine Leistung von 3,5 W, dann wird eine Idlerstrahlung (1240 nm) mit einer Leistung von etwa 1 W erzeugt.

Die Frequenzverdoppelung der Signal- und Idlerwelle in den optisch-nichtlinearen Kristallen K2, K3 gemäß Fig. 2 erfolgt bevorzugt mit nicht-kritischer Phasen-

passung.

Aufgrund der hohen Impulsleistung werden im einfachen Durchgang durch den Kristall KI Konversionswirkungsgrade von bis zu 50% erzielt. Dieser hohe Wirkungsgrad bedeutet einen wesentlichen Vorteil, den das hier beschriebene gepulste System mit Frequenzkonversion im Vergleich zu cw-Lasern bietet.

Der modengekoppelte LBO-OPO wird synchron mit dem Nd:YLF-Laser gepumpt.

Beim dargestellten Ausführungsbeispiel wird ein optisch angeregter Nd:YLF-Laser verwendet. Herkömmliche Nd:YLF-Laser-Systeme werden mit Bogenlampen angeregt. Auch sind Hochleistungsdiodenlaser zum Pumpen von Festkörperlasern bekannt. Die optischen Wirkungsgrade dieser bekannten Laser betragen typisch 10 bis 20%, der elektrisch-optische Gesamtwirkungsgrad mehr als 5%. Für eine Laserleistung von 30 W wird daher eine maximale elektrische Leistung von ca. 600 W benötigt. Diese Leistung ist um Größenordnungen kleiner als die Anschlußleistung für Hochleistungsgaslaser, die sichtbares Licht mit Leistungen im W-Bereich emittieren. Diodengepumpte Festkörperlaser der genannten Art benötigen keine aufwendige Wasserkühlung. Die nur erforderliche Luftkühlung ist eine wesentliche Voraussetzung für den Einsatz in einer lasergestützten Farbbildanzeige- und Projektionsvorrichtung als kompaktes, mobiles System.

Die Frequenzverdoppelung des Ausgangssignals des modengekoppelten Nd:YLF-Lasers mit einer mittleren Leistung von 30 W erzeugt grüne Laserstrahlung mit einer mittleren Leistung von mindestens 10 W. Mit dieser Pumpstrahlung erzeugt der synchrongepumpte LBO-OPO Signal- und Idlerstrahlung von jeweils 2 bis 3 W. Aufgrund der hohen Impulsleistung der Signal- und Idlerwelle von 1 bis 2 KW betragen somit die Konversionswirkungsgrade der anschließenden Frequenzverdoppelung (Kristalle K2, K3) ca. 50%. Damit liegt die mittlere Leistung der frequenzverdoppelten OPO-Strahlung im Bereich von 1 bis 1,5 W. Die Leistung des im OPO nicht konvertierten grünen Laserlichtes (Lichtpuls L2) beträgt mehr als 2 W. Diese Leistungen der drei erzeugten Lichtstrahlen L1, L2, L3 unterschiedlicher Farbe sind voll ausreichend für die Farbbildprojektion bei einer Bildgröße mit einer Diagonalen von ca. 2 m.

Von besonderem Vorteil ist die Zeitstruktur der erzeugten Strahlung. Bei der Verwendung von cw-Laserstrahlung müssen die Modulatoren die für die einzelnen Bildpunkte benötigte Lichtintensität einstellen und außerdem dem cw-Laserstrahl eine Zeitstruktur aufprägen, so daß der Laserstrahl auf dem Bildschirm in jeder Zeile einzelne Bildpunkte schreibt. Für die präzise geometrische Begrenzung der Bildpunkte (die für die Bildschärfe wichtig ist) muß die entsprechende zeitliche Modulation des Laserstrahls eine hohe Flankensteilheit aufweisen. Die Modulation mit hoher Flankensteilheit ist ein grundsätzliches Problem, das nur mit erheblichem elektronischen und optischen Aufwand zu lösen ist.

Bei der hier vorgesehenen Verwendung gepulster Laserstrahlung hingegen mit Pulslängen von typischerweise 10 bis 20 ps und Wiederholraten von 70 bis 100 MHz wird der Bildpunkt auf dem Bildschirm bei gegebener Ablenkgeschwindigkeit durch die Impulsdauer scharf begrenzt. Die Impulsdauer ist sehr kurz im Vergleich zur Periode (Frequenz: typischerweise 30 MHz), mit der die Bildpunkte geschrieben werden. Die Modulation des Laserstrahls kann deshalb auf eine reine Amplitudenmodulation beschränkt werden. Die Amplitudenmodulation ist leicht mit der Lichtimpulsfolgefrequenz zu

synchronisieren. Die Frequenz der Lichtimpulsfolge ist synchronisierbar mit der Frequenz, mit der die Bildpunkte geschrieben werden. Diese Frequenz ist vom Bildgeber (Bildspeichersystem) vorgegeben.

Ein weiteres wichtiges Problem, das bei herkömmlichen cw-Lasern arbeitenden Bildprojektoren auftritt, ist das sogenannte "Speckle-Problem". Aufgrund der Kohärenz der Laserstrahlung entstehen durch Interferenz störende Speckle-Muster. Bei der erfindungsgemäßen Verwendung von ultra-kurzen Lichtimpulsen (kürzer als eine Mikrosekunde) treten solche Speckle nicht auf.

Alternativ zu dem vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel läßt sich das lasergestützte Farbbildanzei- und Projektionssystem auch mit einer anderen Anordnung aus OPO's verwirklichen. Bei dieser Alternative werden zwei OPO's verwendet, welche durch die kurzwellige Strahlung eines Festkörperlasers angeregt werden, z. B. durch die dritte Harmonische eines Nd:YLF (Wellenlänge: 351 nm). Mit dieser Anregung erzeugt ein OPO direkt Signalstrahlung im Bereich von 400 nm—702 nm. Damit können zwei OPO's zur Erzeugung der blauen und der roten Laserlichtpulse benutzt werden.

Da die dritte Harmonische als Summenfrequenz der zweiten Harmonischen und der Fundamentalen erzeugt wird, steht auch grünes Laserlicht zur Verfügung, so daß alle drei obengenannten Laserlichtstrahlen L1, L2, L3 auch auf diese Weise erzeugt werden können.

kennzeichnet, daß die kurzwellige Strahlung die dritte Harmonische eines Festkörperlasers ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

#### Patentansprüche

1. Lasergestützte Farbbildanzei- und Projektionsvorrichtung mit einer Laserstrahlquelle zur Erzeugung von zumindest drei Laserstrahlen (L1, L2, L3) unterschiedlicher Wellenlänge, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserstrahlquelle zumindest einen optisch-parametrischen Oszillator (OPO) aufweist.
2. Lasergestützte Farbbildanzei- und Projektionsvorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Signal- und Idlerstrahlen des OPO mittels optisch nichtlinearer Kristalle (K2, K3) frequenzverdoppelt werden.
3. Lasergestützte Farbbildanzei- und Projektionsvorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der optisch-parametrische Oszillator (OPO) mittels frequenzverdoppelter Strahlung eines Festkörperlasers, insbesondere eines Nd:YLF-Lasers angeregt wird.
4. Lasergestützte Farbbildanzei- und Projektionsvorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die drei Laserstrahlen (L1, L2, L3) nur amplitudenmoduliert sind.
5. Lasergestützte Farbbildanzei- und Projektionsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die drei Laserstrahlen (L1, L2, L3) gepulst sind mit einer Pulslänge im Picosekundenbereich.
6. Lasergestützte Farbbildanzei- und Projektionsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwei optisch-parametrische Oszillatoren vorgesehen sind, die mit kurzwelliger Strahlung angeregt werden zur Erzeugung eines blauen und eines roten Laserlichtpulses.
7. Lasergestützte Farbbildanzei- und Projektionsvorrichtung gemäß Anspruch 6, dadurch ge-

Fig. 2 \*

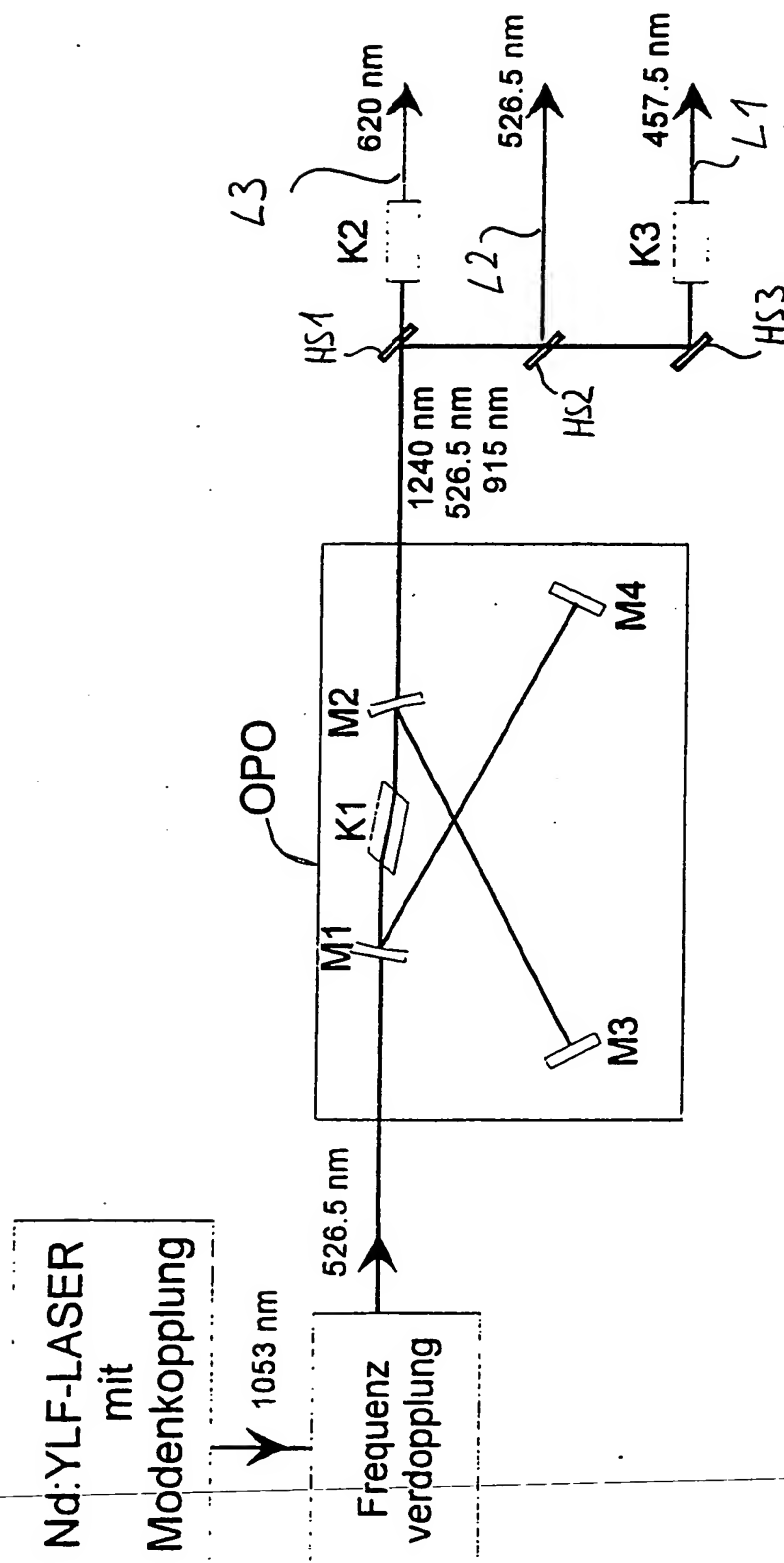


Fig. 1

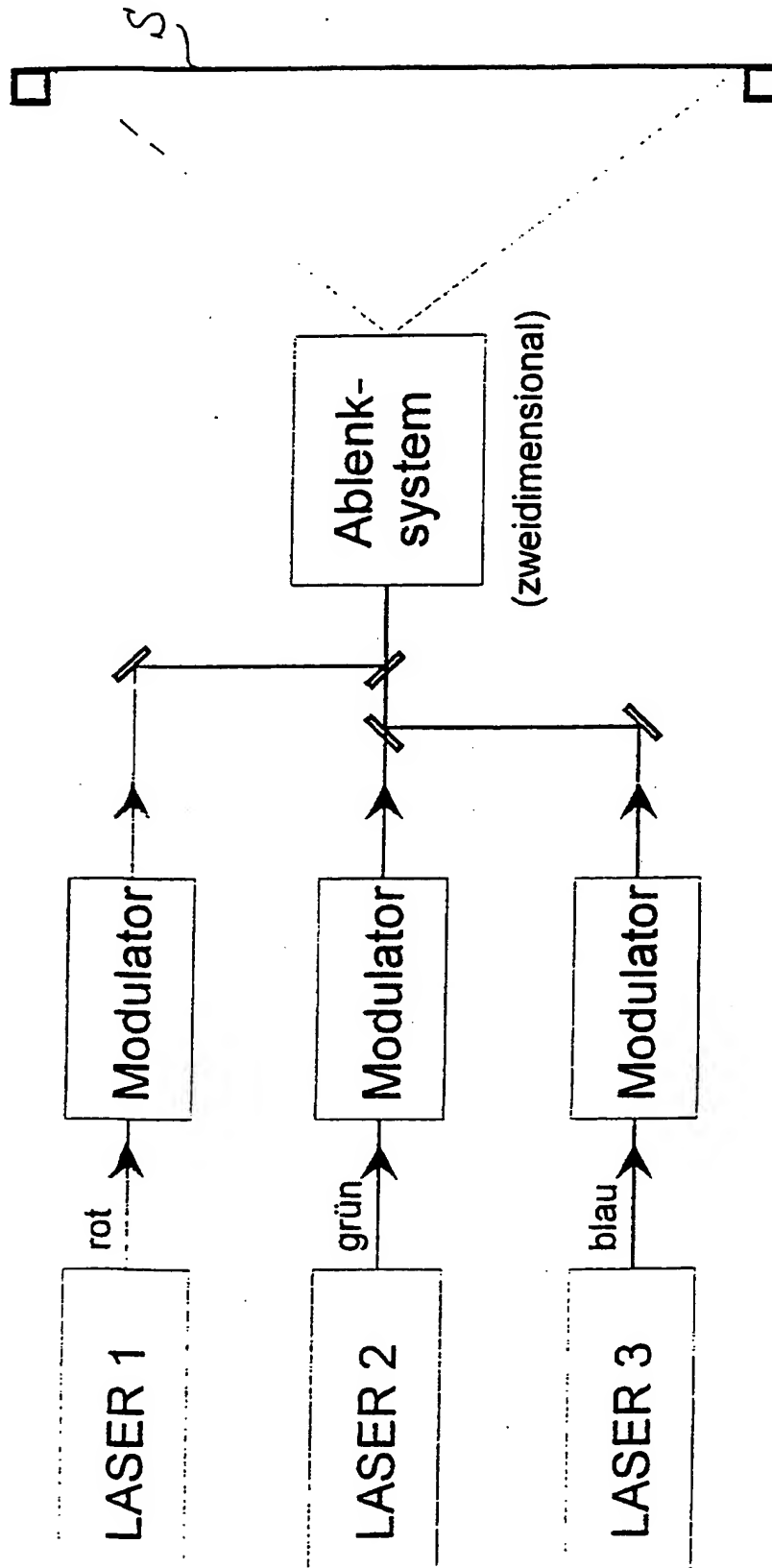


Fig. 3

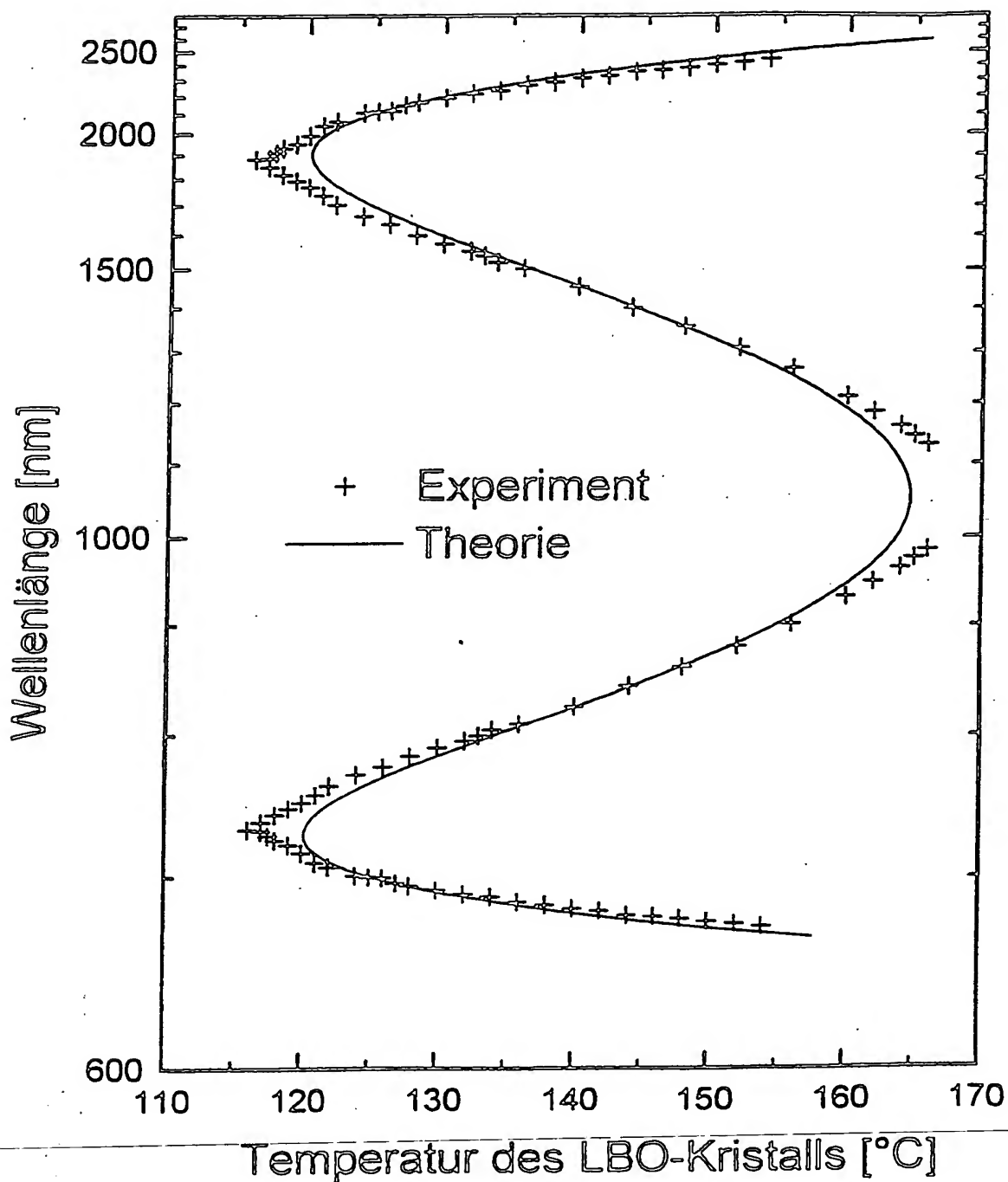


Fig. 4

